

## ПРИМЕНЕНИЕ ГАЛЛИЙ-НИТРИДНЫХ ТРАНЗИСТОРОВ (GAN FET) В СИСТЕМАХ ПИТАНИЯ СОВРЕМЕННОЙ РЭА

*Бурковский Я. Ю., магистрант; Арсенюк Д. О., магистрант  
Национальный технический университет Украины «Киевский  
политехнический институт имени Игоря Сикорского», г. Киев, Украина*

Создание компактных и эффективных преобразователей для систем питания РЭА является одной из ключевых задач современной силовой электроники. Непрерывный рост требований к эффективности и тепловыделению конечных устройств, особенно, с батарейным питанием, заставляет разработчиков систем питания постоянно искать новые решения.

В современных преобразователях энергии основными силовыми элементами являются IGBT (биполярные транзисторы с изолированным затвором) и FET-транзисторы (транзисторы на полевом эффекте). В свою очередь FET-транзисторы разделяют на MOSFET (полевой транзистор с изолированным затвором), SiC MOSFET (полевой транзистор с изолированным затвором на основе карбида кремния) и GaN FET (полевой транзистор на основе нитрида галлия). IGBT и SiC MOSFET имеет смысл применять при достаточно высоких напряжениях питания, тогда как GaN FET и MOSFET отлично подходят для низковольтных преобразователей. Поэтому целесообразно сравнивать GaN FET именно с традиционными N-ch MOSFET.

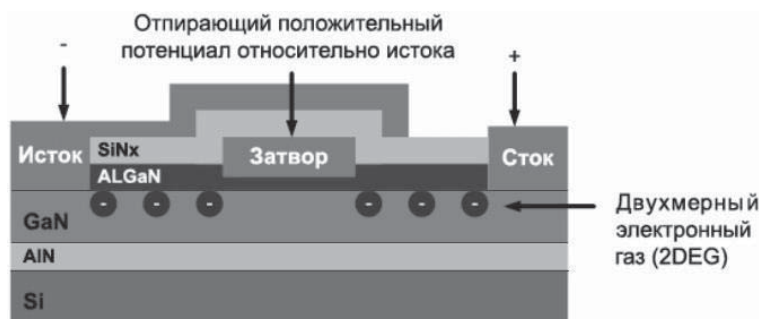


Рисунок 1. Конструкция enhancement mode AlGaN транзистора. Источник: EPC

Несмотря на схожесть с классическими MOSFET транзисторами, GaN FET имеют ряд ключевых отличий, обусловленных особенностями конструкции транзистора (рис.1). Одним из основных отличий от MOSFET-транзисторов, является отсутствие паразитного диода. Это позволяет избежать появления сквозных токов при восстановлении диодов. Кроме того, у GaN транзисторов нет неосновных носителей заряда, соответственно им не требуется время на восстановление изолирующих свойств канала. Эти особенности позволяют создавать абсолютно новые топологии преобразователей, которые невозможно было бы реализовать на классической элементной базе.

Несмотря на схожесть с классическими MOSFET транзисторами, GaN FET имеют ряд ключевых отличий, обусловленных особенностями конструкции транзистора (рис.1). Одним из основных отличий от MOSFET-транзисторов, является отсутствие паразитного

Значительным недостатком традиционных MOSFET является нелинейная зависимость тока через транзистор от заряда затвора, обусловленная в том числе и эффектом Миллера. Это увеличивает время переключения, вызывает рост динамических потерь и способствует возникновению нежелательных пульсаций тока и напряжения в силовых контурах устройства. В

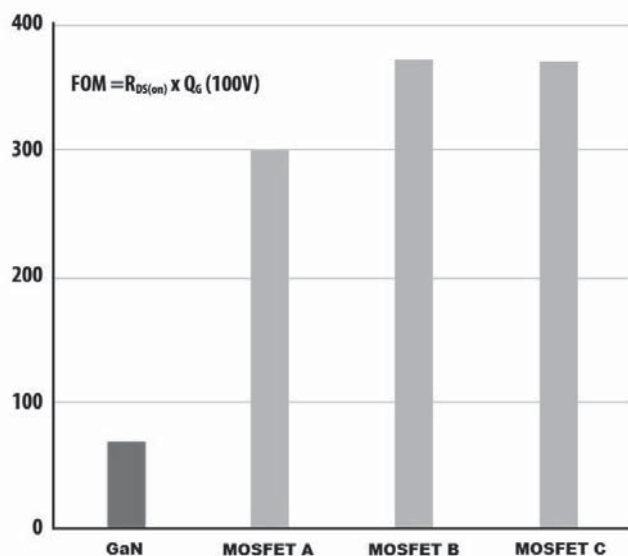


Рисунок 2. Сравнение FOM GaN и MOSFET транзисторов. Источник: EPC

отличие от MOSFET, ток через канал GaN транзистора линейно зависит от заряда затвора. Кроме того, время переключения GaN транзисторов, на порядок меньше, чем у лучших MOSFET-транзисторов этого класса, а энергия, необходимая для управления транзистором на 25% меньше. Это можно проиллюстрировать при помощи Figure Of Merit (FOM) — эмпирического показателя эффективности силового транзистора, который рассчитывается как произведение полного заряда затвора на сопротивление полностью открытого канала. На рис. 2 приведено сравнение FOM GaN и нескольких MOSFET транзисторов. Как можно увидеть, FOM GaN транзисторов гораздо меньше, что означает более высокую эффективность работы транзистора в сравнении с обычными MOSFET.

В качестве примера эффективности GaN транзисторов в роли силового элемента традиционного преобразователя, рассмотрим классический синхронный buck-конвертер. Входные параметры для расчета указаны в табл. 1 — типичные значения для блоков питания телекоммуникационных систем.

Таблица 1

Входное напряжение	48В
Выходное напряжение	5В
Выходной ток	25А
Рабочая частота	1МГц
Выходные пульсации	<100мВ

Воспользовавшись методиками расчета потерь из [1] для GaN и [2, 3] для MOSFET, построим зависимости потерь от выходного тока для MOSFET и GaN транзисторов (рис. 3, рис. 4)

В качестве тестовых транзисторов были выбраны MOSFET BSC037N08NS5 (нижнее плечо) и BSC117N08NS5 (верхнее плечо) производства компании Infineon и GaN-сборка EPC2102 производства Efficient Power Conversion.

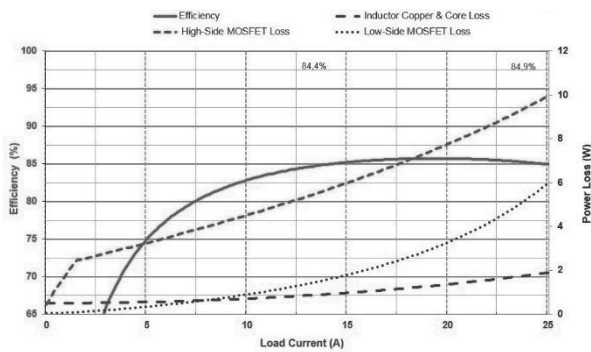


Рисунок 3. Графік залежності втрат від току навантаження для MOSFET-транзисторів

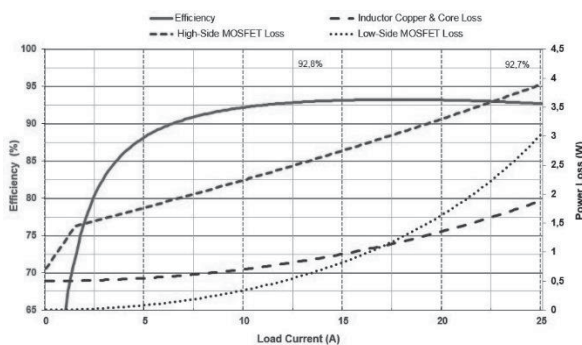


Рисунок 4. Графік залежності втрат від току навантаження для GaN-транзисторів

Как видно, при применении GaN-транзисторов в тех же условиях, КПД преобразователя вырос практически на 10%, а суммарные потери в транзисторах уменьшились более чем в 3 раза, что позволило создать более компактный преобразователь и уменьшить необходимую систему охлаждения более чем в 2 раза.

Подобный рост критичен для систем питания современной РЭА, т.к. позволяет достигать большей энергоэффективности и создавать электронику, соответствующую самым современным требованиям.

#### Перелік посилань

1. Lidow A. GaN Transistors for Efficient Power Conversion / Alex Lidow, Michael de Rooij, Johan Strydom, David Reusch, John Glaser. — John Wiley & Sons. — 2019.
2. Darkholme V. Efficiency Calculations of Synchronous Buck Converter / Van Darkholme, Bill Herrington, Ricardo Milos. — DungeonPrint. — 2016.
3. Dr. Dušan Graovac. MOSFET Power Losses Calculation Using the DataSheet Parameters / Dušan Graovac, Marco Pürschel, Andreas Kier. — Infineon Technologies AG — 2006.

#### Анотація

У роботі представлений аналіз застосування GaN-транзисторів в сучасній РЕА та проведено порівняння з MOSFET-транзисторами в buck-перетворювачі.

**Ключові слова:** галій-нітрид, GaN, MOSFET, buck-конвертер, живлення РЕА.

#### Аннотация

В работе представлен анализ применения GaN-транзисторов в современной РЕА и проведено сравнение с MOSFET-транзисторами в buck-преобразователе.

**Ключевые слова:** галлий-нитрид, GaN, MOSFET, buck-конвертер, питание РЕА.

#### Abstract

The paper presents an analysis of usage GaN transistor-based switch-mode PSU in modern electronic and GaN vs MOSFET transistors comparison in the buck converter topology.

**Keywords:** gallium nitride, GaN, MOSFET, buck converter, switch-mode PSU.